不同油脂对填饲期朗德鹅生产性能、血清指标及肝脏脂肪酸组成的影响[1]

唐军旺[1,2]　方倩倩[3]　邵荣益[4]　刘　均[5]　熊华鑫[6]　沈军达[2]　牛　冬[1*]　卢立志[2*]

(1.浙江大学动物科学学院，杭州 310058；2.浙江省农业科学院畜牧兽医研究所，杭州 310021；3.杭州佰辰医学检验所有限公司，杭州 310000；4.长兴荣耀鹅业有限公司，湖州 313102；5.中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院，杭州 310016；6.杭州市天杭实验学校，杭州 310004)

摘　要：本试验旨在研究饲粮中添加不同油脂对填饲期朗德鹅产肝性能、脂肪沉积、屠宰性能、血清指标及肝脏脂肪酸组成的影响。选取 70 日龄朗德鹅母鹅 80 只，体重为(3.0±0.1) kg，随机分为 4 组，每组 4 个重复，每个重复 5 只。鹅油组为对照组，饲粮中添加 2%的鹅油；牛油组、鱼油组和菜籽油组为试验组，饲粮中分别添加 2%的牛油、鱼油和菜籽油。预试期 7 d，填饲期 20 d。结果表明：1)菜籽油组和牛油组的肝脏重均显著高于鱼油组(P<0.05)，牛油组的肝体比显著高于鹅油组(P<0.05)。菜籽油组和鹅油组的活重、全净膛重均显著高于牛油组和鱼油组(P<0.05)。2）鱼油组血清甘油三酯（TG）、低密度脂蛋白（LDL）和极低密度脂蛋白（VLDL）含量显著低于鹅油组(P<0.05)；菜籽油组血清 LDL 含量显著低于鹅油组(P<0.05)，且其血清总胆固醇（TC）含量显著低于牛油组(P<0.05)；牛油组血清高密度脂蛋白（HDL）含量显著高于鹅油组(P<0.05)；牛油组、鱼油组和菜籽油组血清谷丙转氨酶（ALT）和谷草转氨酶(AST)活性较鹅油组有不同程度的降低，但差异均不显著（P>0.05）。3）与添加鹅油相比，添加鱼油显著降低了肝脏中总饱和脂肪酸（SFA）含量(P<0.05)，显著提高了肝脏中不饱和脂肪酸（UFA）C16:1、C17:1、C18:1n-9、C18:2n-6、C18:3n-3、C20:1n-9、C20:4n-6、C20:5n-3、C22:1n-9、C22:5n-3、C22:6n-3、C24:1n-9 及总 UFA 含量(P<0.05)；添加菜籽油显著降低了肝脏中总 SFA 含量(P<0.05)，显著提高了肝脏中 UFA C16:1、C18:1n-9、C18:2n-6、C20:2、C22:1n-9 及总 UFA 含量(P<0.05)；添加牛油显著提高了 C18:3n-3、C20:5n-3、C22:5n-3、C22:6n-3 及总多不饱和脂肪酸（PUFA）含量(P<0.05)。由此得出，与添加鹅油相比，饲粮添加菜籽油或牛油时填饲期朗德鹅的产肝性能较佳；添加鱼油和菜籽油可增加填饲期朗德鹅肝脏中 PUFA 含量，降低血清脂质含量。

关键词：油脂；朗德鹅；填饲；脂肪沉积；血清指标；脂肪酸组成

中图分类号：S816　　文献标识码：A　　文章编号：

脂质在膳食配方中起着重要作用，可以为机体提供高水平的能量以及必需脂肪酸[1]，并且其中的多不饱和脂肪酸（polyunsaturated fatty acids，PUFA）对健康的益处越来越受到

收稿日期：2017-12-08

基金项目：国家国际科技合作专项项目（2013DFR30980)；浙江省农业（畜禽）新品种选育重大科技专项（2012C12906-18）

作者简介：唐军旺(1981-)，男，广西桂林人，博士研究生，研究方向为动物遗传育种与繁殖。E-mail：tangjunwang@163.com

*通信作者：牛　冬，副教授，硕士生导师，E-mail：dniu@zju.edu.cn；卢立志，研究员，硕士生导师，E-mail：lulizhibox@163.com

重视。已有研究发现，肉和蛋中的脂肪酸组成很大程度上与饲粮中脂质有关[2-3]，PUFA 具有降低血清脂质含量以及改变动物组织脂肪酸组成的作用[4-5]。研究表明，饲粮中添加植物油和鱼油可以有效地增加猪肉[6]、鸡肉[7-8]和鸡蛋[9-10]中的 n-3 PUFA 含量。Zhang 等[11]研究发现，填饲饲粮中添加不同油脂可以显著改变朗德鹅肝脏成分。脂肪酸组成的改变有利于更高的 n-3 PUFA 代替 n-6 PUFA 和/或饱和脂肪酸（saturated fatty acids，SFA），以提供期望的健康益处。

鹅肥肝具有极高的营养价值和特殊的保健作用，备受消费者青睐。在鹅肥肝生产过程中，饲粮添加适量油脂，一方面起到润滑作用，以避免食道损伤；另一方面又能提高能量水平，有效地提高鹅对饲粮能量和营养物质的利用率[12]，从而提高肥肝形成速度。鹅肥肝生产通常使用动物源油脂，并且鹅脂肪富含 SFA，这引起了人们对健康的担忧。鱼油富含 C18:3n-3[即α-亚麻酸（ALA）]、C20:5n-3[即二十碳五烯酸（EPA）]和 C22:6n-3[即二十二碳六烯酸（DHA）]等 n-3 PUFA，是不饱和脂肪酸(UFA)的重要来源[13]，而菜籽油含有较多的 C18:1n-6[即油酸（OA）][14]。研究发现，饲粮添加鱼油和菜籽油不仅能提高动物的生产性能，还能使 PUFA 富集于畜禽产品[14-15]。但目前 PUFA 在鹅肥肝中的功效尚未得到充分研究，添加不同油脂对鹅产肝性能的影响报道不一，这可能与添加油脂的脂肪酸组成及比例不同有关。因此，本试验拟在填饲能量相同条件下，比较研究鹅油、牛油、鱼油和菜籽油对朗德鹅生产性能、血清指标和肝脏脂肪酸组成的影响，为完善产肝鹅填饲饲粮的配制技术提供理论依据，以期改善鹅的生理状态，改变肝脏脂肪酸成分分布，生产符合人类营养需求的鹅肥肝。

1 材料与方法

1.1 试验动物

试验用朗德鹅由浙江省湖州市长兴荣耀鹅业公司提供，在自然光照条件下，自由采食、饮水，饲养至 70 日龄。

1.2 试验设计

选取 80 只体重相近[（3.0±0.1） kg] 的健康朗德鹅母鹅，随机分为 4 组，每组 4 个重复，每个重复 5 只。鹅油组为对照组，饲粮中添加 2%的鹅油；牛油组、鱼油组和菜籽油组为试验组，饲粮中分别添加 2%的牛油、鱼油和菜籽油。

1.3 饲养管理

试验鹅采用网养填饲，小圈饲养。在预饲前做好试验鹅的驱虫及鹅舍内和填饲机的消毒等工作。供给充足的清洁饮用水，并及时清粪，保持圈内的清洁卫生。在填饲过程中，注意观察鹅群的健康状况。

以玉米为填饲料，将经过筛选的玉米粒倒入水锅内，清水浸泡 3 h 以上，煮沸约 20 min 后，捞出沥干，趁热加入 2.0%的油脂、0.5%的食盐及维生素和矿物质粉末，并充分拌匀，

冷却后备用。所有试验鹅填饲饲粮除油脂不同外，其他原料相同，饲粮组成见表 1。从鹅上笼开始，预试期 7 d，填饲期 20 d，采取填饲次数及饲粮量逐渐增加的方式进行。填饲第 1～2 天，2～3 次/d，100～150 g/次；第 3～7 天，3～4 次/d，250 g/次；第 8～27 天，5～6 次/d，300 g/次。

表 1　饲粮组成（饲喂基础）

Table 1　Composition of diets　（as-fed basis）　%

项目 Items	鹅油组 Goose fat group	牛油组 Beef tallow group	鱼油组 Fish oil group	菜籽油组 Rapeseed oil group
玉米 Corn	97	97	97	97
油脂 Oil	2	2	2	2
食盐 NaCl	0.5	0.5	0.5	0.5
钙 Ca	0.3	0.3	0.3	0.3
磷 P	0.13	0.13	0.13	0.13
维生素 Vitamins	0.07	0.07	0.07	0.07

维生素为每千克饲粮提供 Vitamins provided the following per kg of diets:VA 4 000 IU，VD_3 600 IU，VK_3 0.1 mg，VB_1 0.06 mg，VB_2 0.6 mg，VB_6 0.06 mg，VC 2.6 mg，烟酰胺 nicotianamide 0.6 mg，*D*-泛酸钙 *D*-calcium pantothenate 0.4 mg，叶酸 folic acid 0.04 mg。

1.4 测定指标及方法

填饲期结束后，所有鹅禁食 8 h（自由饮水），然后从每个重复中挑取 1～2 只，每组屠宰 5 只，进行样品采集。分别测定活重、屠体重、肝脏重、腹脂重、肠脂重、全净膛重，根据填饲期每组耗料情况，计算每只鹅平均耗料量。参照《家禽生产性能名词术语和度量统计方法》[16]（NY/T 823-2004）中与鹅有关的部分计算下列指标：

腹脂率（%）=100×腹脂重/（全净膛重+腹脂重）；

肠脂率（%）=100×肠脂重/（全净膛重+肠脂重）；

全净膛率（%）=100×全净膛重/活重；

料肝比=每只鹅平均耗料量/肝脏重；

肝体比（%）=100×肝脏重/屠体重。

将血液样品采集到无肝素的 50 mL 离心管中，在室温（25 ℃）下静置 2 h，然后以 4 000×*g*、4 ℃离心 15 min 分离血清，并在-20 ℃下保存。血清甘油三酯（TG）和总胆固醇（TC）含量分别采用甘油-3-磷酸氧化酶对氨基苯酚法和胆固醇氧化酶对氨基苯酚法测定，高密度脂蛋白（HDL）、低密度脂蛋白（LDL）和极低密度脂蛋白（VLDL）含量由直接测定法测定，谷丙转氨酶（ALT）、谷草转氨酶（AST）活性采用赖氏比色法测定。以上血清指标均使用南京建成生物工程研究所生产的相应试剂盒测定。

不同油脂和肝脏的脂肪酸组成通过气相色谱法测定。参照 Folch 等[17]报道的氯仿/甲醇提取法对油脂和肝脏中脂类进行抽提，并参照 Morrison 等[18]的方法用三氟化硼甲醇制备脂肪酸甲酯，然后在 HP-5MS 柱（30 m×0.25 mm×0.2 μm）上通过气相色谱仪（6890，Agilent Technologies，Santa Clara，CA，USA）分析脂肪酸组成。所有脂肪酸测定结果的平均标准误均低于 5%。肝脏粗脂肪含量采用 GB/T 14772-2008《食品中粗脂肪的测定》索氏提取法测定。肝脏总胆固醇通过安捷伦 GC-7960 II 气相色谱仪测定：肝脏组织加入氢氧化钾，无水乙醇，在 85～95℃水溶皂化 1 h 后，加入乙醚提取，分层，用无水硫酸钠干燥乙醚层，通氮气吹干。加入无水乙醇，混匀，静置 15 min 测定。

1.5 统计分析

试验数据采用 Excel 2010 软件预处理后，以平均值±标准误（mean±SE）表示，利用 SPSS 20.0 统计软件中的单因素方差分析（ANOVA）过程进行统计分析，$P<0.05$ 为差异显著，采用 LSD 法进行组间的多重比较。

2 结　果

2.1 不同油脂的脂肪酸组成

由表 2 可知，菜籽油含有大量的 n-6 PUFA（52.38%的 C18:2n-6），鱼油含有 28.77%的 n-3 PUFA（C18:3n-3、C20:5n-3、C22:5n-3 和 C22:6n-3），这 2 种油脂都是高度不饱和的。与鱼油和菜籽油相比，牛油和鹅油含有更多的 SFA。此外，鹅油中含有最多的单不饱和脂肪酸(MUFA)。

表 2　不同油脂的脂肪酸组成（占总脂肪酸的百分比）

Table 2　Fatty acid composition of different oils (percentage of total fatty acids)　%

脂肪酸 Fatty acids	鹅油 Goose fat	牛油 Beef tallow	鱼油 Fish oil	菜籽油 Rapeseed oil
C14:0	1.85	9.57	6.12	0.56
C15:0	0.14	0.61	0.78	0.13
C16:0	28.13	29.98	21.32	7.32
C17:0	0.32	2.65	1.01	0.79
C18:0	17.85	27.50	3.16	4.21
C20:0	0.41	0.18	0.59	1.93
C22:0	0.15	0.18	0.47	0.01
ΣSFA	48.85	70.67	33.45	14.95
C15:1	0.01	0.39	0.13	0.04
C16:1n-7	2.46	1.87	5.91	0.16
C17:1	—	3.47	2.02	0.26
C18:1n-9	30.59	21.21	15.49	24.18
C18:1n-6	0.34	0.65	2.12	0.21
C20:1n-9	0.53	0.16	2.23	0.22
C22:1n-9	0.16	—	3.82	0.23
C24:1n-9	—	—	1.02	0.31

ΣMUFA	34.09	27.75	32.74	25.61
C18:2n-6	16.12	0.33	1.01	52.38
C18:3n-3	0.27	0.12	1.16	4.16
C20:2	0.03	0.20	1.99	0.05
C20:4n-6	0.61	0.94	1.06	0.13
C20:5n-3	—	—	10.91	1.26
C22:3n-6	0.03	—	0.98	0.11
C22:5n-3	—	—	1.26	0.29
C22:6n-3	—	—	15.44	1.06
ΣPUFA	17.06	1.58	33.81	59.44
ΣUFA	51.15	29.34	66.55	85.05

SFA：饱和脂肪酸 saturated fatty acids；MUFA：单不饱和脂肪酸 monounsaturated fatty acids；PUFA：多不饱和脂肪酸 polyunsaturated fatty acids；UFA：不饱和脂肪酸 unsaturated fatty acids。表 6 同 The same as below。

2.2 不同油脂对填饲期朗德鹅产肝性能及脂肪沉积的影响

由表 3 可知，鱼油组的肝脏重最低，显著低于牛油组和菜籽油组(P<0.05)；鹅油组次之，分别较牛油组和菜籽油组低出 125 和 127 g，但差异未达显著水平(P>0.05)。牛油组、鱼油组和菜籽油组的肝体比均高于鹅油组，其中牛油组显著高于鹅油组(P<0.05)。牛油组和菜籽油组的料肝比低于鹅油和鱼油组，但各组间差异均不显著(P>0.05)。牛油组的腹脂重、腹脂率均低于其他各组，菜籽油组的腹脂重、肠脂重均高于其他各组，但各组间差异均不显著(P>0.05)。

表 3　不同油脂对填饲期朗德鹅产肝性能及脂肪沉积的影响

Table 3　Effects of different oils on fatty liver performance and fat deposition of Landes geese in overfeeding phase (n=5)

项目 Items	鹅油组 Goose fat group	牛油组 Beef tallow group	鱼油组 Fish oil group	菜籽油组 Rapeseed oil group
肝脏重 Liver weight/g	807.26±71.95[ab]	932.68±38.81[a]	773.04±92.46[b]	934.62±61.37[a]
肝体比 Liver weight to body weight ratio/%	11.91±1.12[b]	15.54±0.78[a]	13.33±1.28[ab]	13.89±1.04[ab]
料肝比 Feed intake/liver weight	27.44±1.98	24.19±1.05	28.67±3.84	23.38±1.51
腹脂重 Abdominal fat weight/g	422.16±29.77	375.16±10.64	388.00±8.45	434.40±29.37
腹脂率 Percentage of abdominal fat/%	8.56±0.51	8.54±0.19	8.98±0.37	8.59±0.41
肠脂重 Intestinal fat weight	287.04±23.93	284.64±7.49	263.36±15.96	293.00±22.75

/g				
肠脂率 Percentage of intestinal fat /%	5.97±0.42	6.63±0.23	6.26±0.35	5.99±0.45

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P＞0.05)，不同小写字母表示差异显著(P＜0.05)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05). The same as below.

2.3 不同油脂对填饲期朗德鹅屠宰性能的影响

由表 4 可知，菜籽油组和鹅油组的活重、全净膛重均显著高于牛油和鱼油组(P<0.05)。鹅油组的全净膛率最高，但各组间差异不显著(P>0.05)。

表 4　不同油脂对填饲期朗德鹅屠宰性能的影响

Table 4　Effects of different oils on slaughter performance of Landes geese in overfeeding phase (n=5)

项目 Items	鹅油组 Goose fat group	牛油组 Beef tallow group	鱼油组 Fish oil group	菜籽油组 Rapeseed oil group
活重 Live weight/kg	6.77±0.07[a]	6.35±0.08[b]	6.06±0.17[b]	7.09±0.14[a]
全净膛重 Eviscerated weight/kg	4.50±0.06[a]	4.02±0.11[b]	3.95±0.12[b]	4.61±0.16[a]
全净膛率 Percentage of eviscerated yield/%	66.45±1.04	63.73±1.72	65.20±1.25	64.90±1.42

2.4 不同油脂对填饲期朗德鹅血清指标的影响

由表 5 可知，鹅油组具有较高的血清 TG、TC、LDL 和 VLDL 含量以及较低的血清 HDL 含量。与鹅油组相比，鱼油组血清 TG、LDL 和 VLDL 显著降低(P<0.05)，菜籽油组血清 LDL 含量显著降低(P<0.05)。鹅油组血清 HDL 含量低于其他各组，其中牛油组与鹅油组的差异达到显著水平(P<0.05)。牛油组、鱼油组和菜籽油组血清 ALT 和 AST 活性较鹅油组有不同程度的降低，但差异均不显著（P>0.05）。此外，菜籽油组血清 TC 含量显著低于牛油组(P<0.05)。

表 5　不同油脂对填饲期朗德鹅血清指标的影响

Table 5　Effects of different oils on serum parameters of Landes geese in overfeeding phase (n=5)

项目 Items	鹅油组 Goose fat group	牛油组 Beef tallow group	鱼油组 Fish oil group	菜籽油组 Rapeseed oil group
甘油三酯 TG/(mmol/L)	4.85±0.64[a]	4.43±0.50[a]	2.70±0.19[b]	3.62±0.38[ab]
总胆固醇	12.19±0.85[ab]	13.73±1.03[a]	11.26±0.99[ab]	10.29±1.34[b]

TC/(mmol/L)				
高密度脂蛋白 HDL/(mmol/L)	5.95±1.32[b]	9.29±0.77[a]	7.96±0.55[ab]	6.70±0.92[ab]
低密度脂蛋白 LDL/(mmol/L)	2.54±0.14[a]	2.87±0.20[a]	1.81±0.19[b]	1.81±0.14[b]
极低密度脂蛋白 VLDL/(nmol/mL)	322.64±25.92[a]	286.97±26.31[ab]	261.81±10.49[b]	299.05±29.60[ab]
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	30.89±5.68	20.87±3.95	21.82±3.04	25.05±3.07
谷草转氨酶 AST/(U/L)	23.68±5.45	20.94±4.47	19.13±2.25	19.56±3.00

2.5 不同油脂对填饲期朗德鹅肝脏脂肪酸组成的影响

由表 6 可知，鹅油组肝脏含有较高的 C14:0 和 C16:0，牛油组肝脏含有较高的 C18:0、C18:3n-3、C20:1n-9 和 C22:5n-6。与添加鹅油相比，添加鱼油显著降低了肝脏中 SFA C14:0、C16:0、C18:0 及总 SFA 含量($P<0.05$)，显著提高了肝脏中 UFA C16:1、C17:1、C18:1n-9、C18:2n-6、C18:3n-3、C20:1n-9、C20:4n-6、C20:5n-3、C22:1n-9、C22:5n-3、C22:6n-3、C24:1n-9 及总 UFA 含量($P<0.05$)。与添加鹅油相比，添加菜籽油显著降低了肝脏中 SFA C14:0、C15:0、C16:0、C18:0 及总 SFA 含量($P<0.05$)，显著提高了肝脏中 UFA C16:1、C18:1n-9、C18:2n-6、C20:2、C22:1n-9 及总 UFA 含量($P<0.05$)。与鹅油组相比，牛油组肝脏中总 SFA 和总 UFA 含量差异不显著（$P>0.05$），但其肝脏中 C18:3n-3、C20:5n-3、C22:5n-3、C22:6n-3 及总 PUFA 含量显著升高($P<0.05$)。

表 6　不同油脂对填饲期朗德鹅肝脏脂肪酸组成的影响（占总脂肪酸的百分比）

Table 6　Effects of different oils on fatty acid composition in liver of Landes geese in overfeeding phase (percentage of total fatty acids, n=5)　%

脂肪酸 Fatty acids	鹅油组 Goose fat group	牛油组 Beef tallow group	鱼油组 Fish oil group	菜籽油组 Rapeseed oil group
C14:0	1.24±0.03[a]	1.23±0.01[a]	1.05±0.02[b]	1.08±0.02[b]
C15:0	2.18±0.02[b]	2.01±0.02[c]	3.10±0.03[a]	1.92±0.02[d]
C16:0	24.04±0.04[a]	23.48±0.15[b]	21.50±0.04[c]	23.45±0.05[b]
C17:0	0.19±0.01[ab]	0.21±0.01[a]	0.17±0.01[b]	0.19±0.01[ab]
C18:0	21.43±0.14[a]	21.63±0.15[a]	18.31±0.19[c]	19.94±0.11[b]
C20:0	0.40±0.01[b]	0.49±0.02[a]	0.51±0.01[a]	0.53±0.01[a]
ΣSFA	49.48±0.16[a]	49.06±0.18[a]	44.64±0.21[c]	47.12±0.12[b]
C15:1	1.16±0.02	1.12±0.03	1.15±0.03	1.14±0.02
C16:1	1.84±0.04[c]	2.87±0.05[b]	3.56±0.07[a]	2.71±0.04[b]
C17:1	0.35±0.01[c]	0.42±0.02[b]	0.46±0.01[a]	0.37±0.01[c]
C18:1n-9	44.98±0.11[c]	44.09±0.18[d]	47.34±0.17[a]	46.16±0.07[b]
C20:1n-9	0.25±0.01[c]	0.35±0.01[a]	0.30±0.01[b]	0.25±0.01[c]
C22:1n-9	0.10±0.00[b]	0.12±0.01[a]	0.13±0.00[a]	0.12±0.00[a]
C24:1n-9	0.01±0.00[b]	0.01±0.00[b]	0.02±0.00[a]	0.01±0.00[b]
C18:2n-6	1.22±0.01[b]	1.16±0.01[c]	1.47±0.02[a]	1.48±0.02[a]
C18:3n-3	0.15±0.00[c]	0.33±0.01[a]	0.27±0.01[b]	0.16±0.01[c]

C20:2	0.15±0.01[b]	0.14±0.01[b]	0.15±0.01[b]	0.21±0.01[a]
C20:3	0.05±0.02	0.03±0.00	0.03±0.00	0.02±0.00
C20:4n-6	0.16±0.01[b]	0.17±0.01[b]	0.28±0.01[a]	0.15±0.01[b]
C20:5n-3	0.02±0.00[c]	0.03±0.00[b]	0.07±0.00[a]	0.01±0.00[c]
C22:3n-6	0.03±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00
C22:5n-3	0.02±0.00[b]	0.04±0.00[a]	0.04±0.00[a]	0.02±0.00[b]
C22:6n-3	0.02±0.00[c]	0.03±0.00[b]	0.06±0.00[a]	0.02±0.00[c]
ΣMUFA	48.69±0.15[c]	48.99±0.17[c]	52.96±0.22[a]	50.77±0.08[b]
ΣPUFA	1.83±0.03[d]	1.95±0.03[c]	2.39±0.03[a]	2.10±0.04[b]
ΣUFA	50.52±0.17[c]	50.94±0.18[c]	55.35±0.22[a]	52.87±0.12[b]

2.6 不同油脂对填饲期朗德鹅肝脏 TC 和粗脂肪含量的影响

由表 7 可知，鱼油组肝脏 TC 含量显著低于牛油组($P<0.05$)，粗脂肪含量组间差异不显著($P>0.05$)。肝脏总脂肪含量各组间无显著差异($P>0.05$)。

表 7 不同油脂对填饲期朗德鹅肝脏 TC 和粗脂肪含量的影响

Table 7 Effects of different oils on liver TC and crude fat contents of Landes geese in overfeeding phase %

项目 Items	鹅油组 Goose fat group	牛油组 Beef tallow group	鱼油组 Fish oil group	菜籽油组 Rapeseed oil group
总胆固醇 TC	4.36±0.06[ab]	4.50±0.06[a]	4.29±0.08[b]	4.37±0.02[ab]
粗脂肪 CF	7.90±0.09	7.90±0.16	7.94±0.12	7.96±0.11

3 讨 论

3.1 不同油脂对填饲期朗德鹅产肝性能和脂肪沉积的影响

油脂对家禽具有重要的营养作用，除额外的热效应外，脂肪还可提供必需脂肪酸，特别是动物体内无法合成的亚油酸(C18:2n-6)和亚麻酸(C18:3n-3)[19]。研究表明，家禽对 UFA 的利用率明显高于 SFA，油脂代谢能值随油脂中不饱和长链脂肪酸及游离脂肪酸含量的增加而增加，随饱和长链脂肪酸含量的增加而降低[20]。在植物油中，菜籽油中 UFA 含量较高[21]。为提高饲粮能量和油脂的利用率，本试验在饲粮中添加不同的油脂，结果表明，菜籽油组和牛油组产肝性能较佳，鹅油组和鱼油组产肝性能较低。鲍明道等[22]研究表明，在鹅肥肝生产中，饲粮添加植物油(菜油)时平均肝脏重略大于添加动物油脂(猪油)时，但差异不显著。许春兰[23]研究发现饲喂富含 MUFA 的植物油更能增加樱桃谷鸭肝脏重量，与本试验结果一致。上述结果说明鹅对不同油脂的利用是不一样的，这可能是由它们的脂肪酸组成不同所致，菜籽油中 UFA 含量较高，而牛油中 SFA 含量较高，都能导致脂肪在肝脏中大量沉积，而鱼油可能由于特殊的刺激性气味，且 PUFA 容易发生β氧化，影响了鹅的消化和吸收。因此，在产肝性能上，朗德鹅对菜籽油和牛油的利用率较高，进而提高了填饲饲粮的能量及填饲效果。

本试验中，腹脂率受油脂类型的影响较小，不同油脂对腹脂率的影响不显著，该结果

与前人得出的腹脂沉积不受脂肪种类影响的结果[24-26]相一致。Edwards 等[27]曾报道，饲喂高脂饲粮的鸡胴脂含量比对照组稍高，但差异不显著，其原因可能是高脂饲粮中增加净能后扩大了能量蛋白质比。因此，当饲粮中脂肪和能量增加时，饲粮中的 PUFA 不会进一步促进腹脂的沉积。

3.2 不同油脂对填饲期朗德鹅屠宰性能的影响

油脂对家禽具有特殊的能量效应，饲粮中添加的油脂能与其他营养成分起协同作用，提高饲粮中其他组分能量的利用效果，使油脂自身的代谢能值超过总能，提高家禽生产性能[20]。多数研究表明，除鱼油外，家禽对植物性油脂的吸收高于动物性油脂。安文俊[28]研究表明，就肉鸡料重比而言，以棕榈油为主的配比油脂组与以椰子油为主的配比油脂组均显著低于猪油组，而与豆油组差异不显著。蔡泽华等[29]试验表明棕榈油可提高肉鸡的生产性能，棕榈油富含棕榈酸(C16:0)，与猪油组相比，棕榈酸含量相当而硬脂酸(C18:0)含量较少，而 SFA 中 C16:0 的消化率高于 C18:0。朱建平等[30]研究发现，豆油组肉鸡体增重显著高于猪油组，这与本试验的结果一致。本试验中，活体重、全净膛重，菜籽油组高于其他各组，且与牛油和鱼油组的差异达到显著水平。这说明家禽对不同油脂的利用率是不同的，对 UFA 的利用率高于 SFA，可能与脂肪既具有提供能量、必需脂肪酸、脂溶性维生素供机体生长发育需要，改善脂溶性维生素在体内的转运以及促进能源利用的作用，又具有组成机体细胞、溶解营养素、调节生理机能等营养功能有关[22]。大多数的试验结果表明添加鱼油后可获得较高的生产性能[8,26,31]。但在本试验结果中没有体现出添加鱼油可获得较高的生产性能[如屠宰性能和产肝性能（肝脏重、肝体比）]，可能是由于油脂主要在生长后期发挥促生长作用，其中 n-3 脂肪酸含量较高的鱼油在生长后期促生长效应最大，而本试验所设填饲期较短，饲粮能量供应充足，故而没有出现显著差异。

3.3 不同油脂对填饲期朗德鹅血清指标的影响

据报道，富含 UFA 的饲粮可降低血清 TC、TG 和 LDL 含量，升高血清 HDL 含量[3,14]。本试验结果表明，与添加鹅油相比，添加富含 UFA 的鱼油和菜籽油后血清 TG 含量降低了，添加富含 SFA 的牛油后血清 TG、TC、HDL 和 LDL 含量均增加了。众所周知，血清高 TG 和 TC 含量是心脏病的主要危险因素。VLDL 和 LDL 是通过血液循环运输脂肪酸和胆固醇的不同的主要脂蛋白。本研究表明，与添加鹅油相比，添加牛油后血清 LDL 含量增加，添加鱼油和菜籽油后血清 LDL 含量降低。与鹅油组相比，其他组血清 VLDL 含量均降低。研究表明，饲粮添加的 UFA 可以通过抑制脂肪酸的合成，促进脂肪酸的氧化，增加脂蛋白脂酶的活性及增强脂肪酸向磷脂的转化来干扰 VLDL 的分泌[32-34]。高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）被称为“良好”胆固醇[14]。HDL 从血液中除去胆固醇并将其带回肝脏进行回收。研究表明，SFA 摄入会损害 HDL 的抗氧化能力，并增加血清中氧化脂蛋白的含量，而 PUFA 摄入后 HDL 的抗氧化能力增强[35]。本研究中，鱼油组、菜籽油、牛油组血清 HDL 含量均

高于鹅油组。这些结果表明鱼油、菜籽油对胆固醇代谢存在有利影响，这在其他研究[24,36-37]中也有所描述。

血清 AST、ALT 活性受不同膳食脂质来源的影响。AST 和 ALT 在血液中的活性一般很低，但当肝脏组织损伤时，AST 和 ALT 便从细胞内释放进入血液，引起血清中 AST 和 ALT 活性升高[38]。在本研究中，虽然各组间血清 AST 和 ALT 活性差异不显著，但鹅油组血清 AST 和 ALT 活性在数值上要比牛油组、鱼油组和菜籽油组高。Metwally 等[39]研究发现，鱼油（5%、10%）能够降低二乙基亚硝胺诱导的大鼠血清 AST 和 ALT 活性的升高。这些结果表明，牛油、鱼油和菜籽油能够在一定程度上保护肝细胞，改善朗德鹅的肝功能。

3.4 不同油脂对填饲期朗德鹅肝脏脂肪酸组成的影响

高脂肪摄入可能促进肝脏脂肪积累[40]。肌肉和肝脏的脂肪酸组成反映了膳食脂质的脂肪酸分布[41]。研究发现，添加植物油和鱼油的饲粮有效地增强了猪、鸡和鸡蛋中 n-3 PUFA 含量[42]。在鸭上的研究表明，填饲能量相同条件下，在填饲饲粮中添加鱼油可提高肉鸭的产肝性能和肥肝品质。周磊等[43]研究了玉米油、大豆油和鱼油对樱桃谷肉鸭的影响，结果表明，鱼油组和大豆油组肥肝中 SFA 含量均显著降低，UFA 含量得到提高。万文菊[26]在研究饲粮添加牛油、豆油和鱼油对北京鸭影响时发现，添加鱼油后北京鸭肝脏、皮脂和血液中 n-3 PUFA 含量增加。本试验结果显示，饲粮添加鱼油后肝脏中 n-3 PUFA 含量高于其他组，主要是因为鱼油组肝脏 C20:5n-3 和 C22:6n-3 含量显著高于其他组，同时肝脏中 n-6 PUFA 含量也增加了；与添加鹅油相比，饲粮添加牛油后肝脏中 n-3 PUFA 含量增加了，但肝脏中 n-6 PUFA 含量降低了；与添加鹅油相比，饲粮中添加菜籽油后肝脏中 n-3 PUFA 含量没有产生大的变化，但肝脏中 n-6 PUFA 含量增加了。Chen 等[42]研究了不同油脂对脂肪酸分布和 n-3 PUFA 在鸭肝中转化的影响，结果发现，亚麻籽油组和鱼油组肝脏中总 n-3 PUFA 含量显著增加，在油菜籽油和牛油组肝脏中均没有发现总 n-3 PUFA 含量发生显著变化，与本试验结果相似。而 Du 等[14]研究表明，在山麻鸭饲粮中添加富含 UFA 的鱼油、亚麻籽油和菜籽油后可增加蛋黄 PUFA 含量。肝脏粗脂肪含量在各组间无显著差异，鱼油具有降低肝脏胆固醇的效应，这与 Du 等[14]在鸭蛋黄上所得结果相一致。

SFA 含量与肝脏脂肪含量呈正相关[44]。López-Ferrer 等[45]认为当鱼油代替牛油时，饲粮中 SFA 含量降低，主要是 C16:0，其次是 C18:0。与 López-Ferrer 等[45]的研究结果一致，本试验中，添加鱼油和菜籽油的饲粮含有的 SFA 较添加牛油和鹅油的饲粮低，而且肝脏组织中 C16:0、C18:0 等 SFA 的含量降低。鱼油等海洋油对人体健康的有益作用主要归因于 n-3 长链 PUFA（n-3 LC-PUFA）的含量高，主要是 C20:5n-3、C22:5n-3 和 C22:6n-3。在鱼油中，n-3 LC-PUFA 主要在 TG 中被酯化[46]。SFA 比 MUFA 和 PUFA 更容易沉积在组织中[41]。饲粮中添加鱼油和菜籽油后肝脏中 SFA 的含量显著降低，主要是 UFA 的含量相应增加所致。这种影响表明鹅肝脏 SFA 含量与饲粮 SFA 含量相关度较高。虽然由于脂肪酸的双重来

源(饲粮、肝脏和组织合成)，SFA 来源与转化比较复杂，可通过肝脏和组织合成，也容易通过延长和脱饱和等方式而转化为其他脂肪酸，可能导致组织 SFA 含量与饲粮 SFA 含量的相关系数较低[26]。但产肥肝鹅由于过量填饲，能量大量累积，在不需要消耗能量时，鹅肝脏脂肪可能以直接从饲粮中吸收为主。

4 结　论

本试验中，与添加鹅油相比，饲粮添加菜籽油或牛油时填饲期朗德鹅的产肝性能较佳，添加富含 PUFA 的油脂（鱼油和菜籽油）可以改善填饲期朗德鹅的血清和肝脏的脂质参数，对屠宰性能的影响不显著。可考虑将这些油脂替代鹅油作为生产鹅肥肝的油脂来源，来生产高 PUFA 和低胆固醇肥肝，利于人体健康。

参考文献：

[1] NRC.Nutrient requirements of fish and shrimp[S].Washington,D.C.:National Academies Press,2011:601–602.

[2] YALCIN H.Chapter 35-Supplemental fish oil and its impact on n-3 fatty acids in eggs[M]//HESTER P.Egg innovations and strategies for improvements[M].2nd ed.San Diego:Academic Press,2017:373–381.

[3] LIU W M,LAI S J,LU L Z,et al.Effect of dietary fatty acids on serum parameters,fatty acid compositions,and liver histology in *Shaoxing* laying ducks[J].Journal of *Zhejiang* University Science B,2011,12(9):736–743.

[4] KOUBA M,MOUROT J.A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids[J].Biochimie,2011,93(1):13–17.

[5] SHEARER G C,SAVINOVA O V,HARRIS W S.Fish oil—How does it reduce plasma triglycerides?[J].Biochimica et Biophysica Acta:Molecular and Cell Biology of Lipids,2012,1821(5):843–851.

[6] HAAK L,DE SMET S,FREMAUT D,et al.Fatty acid profile and oxidative stability of pork as influenced by duration and time of dietary linseed or fish oil supplementation1[J].Journal of Animal Science,2008,86(6):1418–1425.

[7] HAUG A,NYQUIST N F,THOMASSEN M,et al.n-3 fatty acid intake altered fat content and fatty acid distribution in chicken breast muscle,but did not influence mRNA expression of lipid-related enzymes[J].Lipids in Health and Disease,2014,13(1):92.

[8] AGHAEI N,SAFAMEHR A,MEHMANNAVAZ Y,et al.Blood and tissue fatty acid compositions,lipoprotein levels,performance and meat flavor of broilers fed fish oil:changes in the pre- and post-withdrawal design[J].Animal,2012,6(12):2031–2040.

[9] LEMAHIEU C,BRUNEEL C,TERMOTE-VERHALLE R,et al.Impact of feed supplementation with different omega-3 rich microalgae species on enrichment of eggs of laying hens[J].Food Chemistry,2013,141(4):4051–4059.

[10] ANTRUEJO A,AZCONA J O,GARCIA P T,et al.Omega-3 enriched egg production:the effect of α-linolenic ω-3 fatty acid sources on laying hen performance and yolk lipid content and fatty acid composition[J].British Poultry Science,2011,52(6):750–760.

[11] ZHANG C,LIAN C J,YANG Z J,et al.Effects of different fatty source on fatty liver performance and composition of fatty liver in Landes goose[J].Journal of Animal and Veterinary Advances,2012,11(16):2964–2968.

[12] 程伶.油脂对家禽的特殊能量效果[J].国外畜牧科技,1991,18(2):32,45.

[13] 杜雪,田勇,卢立志.家禽脂类代谢的营养调控及其分子机理研究进展[J].浙江农业科学,2016,57(5):740–743.

[14] DU X,LIU Y,LU L,et al.Effects of dietary fats on egg quality and lipid parameters in serum and yolks of Shan Partridge Duck[J].Poultry Science,2017,96(5):1184–1190.

[15] WOODS V B,FEARON A M.Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat,milk and eggs:a review[J].Livestock Science,2009,126(1/2/3):1–20.

[16] 中华人民共和国农业部.NY/T 823–2004 家禽生产性能名词术语和度量统计方法[S].北京:中国农业出版社,2004.

[17] FOLCH J,LEES M,SLOANE STANLEY G H.A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues[].Journal Of Biological Chemistry, 1957,226(1):497–509.

[18] MORRISON W R,SMITH L M.Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol[J].Journal of Lipid Research,1964,5(4):600–608.

[19] ABEDI E,SAHARI M A.Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties[J].Food Science & Nutrition,2014,2(5):443–463.

[20] 廉传江,牛淑玲,朱彤,等.不同脂肪源对填饲鹅肥肝及生产性能影响的研究[J].饲料工业,2007,28(19):30–32.

[21] 熊秋芳,张效明,文静,等.菜籽油与不同食用植物油营养品质的比较——兼论油菜品质的遗传改良[J].中国粮油学报,2014,29(6):122–128.

[22] 鲍明道,王亚琴,石吉天,等.鹅填肥饲料中添加动植物性油脂对肥肝性能的影响[J].畜禽业,2006(16):18–19.

[23] 许春兰.不同植物油脂对樱桃谷鸭肥肝脂肪代谢及胆固醇含量影响的研究[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2007:25–39.

[24] 夏中生.饲粮中不同油脂对生长鸡组织脂质含量及其脂肪酸组成的影响[J].广西农业大学学报,1998,17(4):323–332.

[25] PINCHASOV Y,NIR I.Effect of dietary polyunsaturated fatty acid concentration on performance,fat deposition,and carcass fatty acid composition in broiler chickens[J].Poultry Science,1992,71(9):1504–1512.

[26] 万文菊.添加不同油脂对北京鸭生产性能、血脂及组织脂肪酸组成的影响[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2003:18–39.

[27] EDWARDS H M,Jr,MAY K N.Studies with menhaden oil in practical-type broiler rations[J].Poultry Science,1965,44(3):685–689.

[28] 安文俊.日粮中添加不同配比油脂对肉鸡生产性能、肉品质及脂肪代谢影响的研究[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2010:38–43.

[29] 蔡泽华,郭建同.肉用仔鸡日粮添加棕榈油饲养试验[J].福建畜牧兽医,2000,22(5):4–5.

[30] 朱建平,朱建津,王希东,等.各种油脂在肉用仔鸡配合饲料中的应用效果比较研究[J].饲料工业,1997,18(4):5–6.

[31] 冯定远,曾小玲,王征,等.三种饲用油脂在生长后期肉鸡日粮中应用效果的比较[J].中国饲料,1997(1):19–20.

[32] KANG J X,LEAF A.The cardiac antiarrhythmic effects of polyunsaturated fatty acid[J].Lipids,1996,31(Suppl.):S41–S44.

[33] CYBULSKA I.n-3 polyunsaturated fatty acid in cardiovascular disease[J].Przeglad Lekarski,2006,63(8):685–687.

[34] FERNANDEZ M L,WEST K L.Mechanisms by which dietary fatty acids modulate plasma lipids[J].The Journal of Nutrition,2005,135(9):2075–2078.

[35] CEDÓ L,METSO J,SANTOS D,et al.Consumption of polyunsaturated fat improves the saturated fatty acid-mediated impairment of HDL antioxidant potential[J].Molecular Nutrition & Food Research,2015,59(10):1987–1996.

[36] TRAUTWEIN E A,RIECKHOFF D,KUNATH-RAU A,et al.Replacing saturated fat with

PUFA-rich (sunflower oil) or MUFA-rich (rapeseed,olive and high-oleic sunflower oil) fats resulted in comparable hypocholesterolemic effects in cholesterol-fed hamsters[J].Annals of Nutrition and Metabolism,1999,43(3):159–172.
[37] PHETTEPLACE H W,WATKINS B A.Lipid measurements in chickens fed different combinations of chicken fat and menhaden oil[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,1990,38(9):1848–1853.
[38] 朱丽慧,武艳军,关佳佳,等.填饲对朗德鹅血液指标、组织营养成分以及肝脏组织学的影响[J].中国家禽,2010,32(3):28–31.
[39] METWALLY N S,KHOLEIF T E,GHANEM K Z,et al.The protective effects of fish oil and artichoke on hepatocellular carcinoma in rats[J].European Review for Medical and Pharmacological Sciences,2011,15(12):1429–1444.
[40] WESTERBACKA J,LAMMI K,HAKKINEN A M,et al.Dietary fat content modifies liver fat in overweight nondiabetic subjects[J].The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism,2005,90(5):2804–2809.
[41] QIU H,JIN M,LI Y,et al.Dietary lipid sources influence fatty acid composition in tissue of large yellow croaker (*Larmichthys crocea*) by regulating triacylglycerol synthesis and catabolism at the transcriptional level[J].PLoS One,2017,12(1):e169985.
[42] CHEN X,DU X,SHEN J L,et al.Original Research:effect of various dietary fats on fatty acid profile in duck liver:efficient conversion of short-chain to long-chain omega-3 fatty acids[J].Experimental Biology and Medicine,2017,242(1):80–87.
[43] 周磊,曾秋凤,张克英,等.填饲能量相同时不同油脂对肉鸭肥肝质量的影响[J].动物营养学报,2010,22(6):1558–1565.
[44] TIIKKAINEN M,BERGHOLM R,VEHKAVAARA S,et al.Effects of identical weight loss on body composition and features of insulin resistance in obese women with high and low liver fat content[J].Diabetes,2003,52(3):701–707.
[45] LÓPEZ-FERRER S,BAUCELLS M D,BARROETA A C,et al.n-3 enrichment of chicken meat.1.Use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality:fish oil[J].Poultry Science,2001,80(6):741–752.
[46] GHASEMIFARD S,HERMON K,TURCHINI G M,et al.Metabolic fate (absorption,β-oxidation and deposition) of long-chain n-3 fatty acids is affected by sex and by the oil source (krill oil or fish oil) in the rat[J].British Journal of Nutrition,2015,114(5):684–692.

Effects of Different Oils on Performance, Serum Parameters and Liver Fatty Acid Composition of Landes Geese in Overfeeding Phase

TANG Junwang[1,2] FANG Qianqian[3] SHAO Rongyi[4] LIU Jun[5] XIONG Huaxin[6] SHEN Junda[2] NIU Dong[1*] LU Lizhi[2*]

（1. *College of Animal Science*, *Zhejiang University*, *Hangzhou* 310058, *China*; 2. *Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science*, *Zhejiang Academy of Agricultural Sciences*, *Hangzhou* 310021, *China*; 3. *Hangzhou BIOZON Medical Institute Co., Ltd.*, *Hangzhou* 310000, *China*; 4. *Rongyao Goose Industry Co., Ltd. of Changxing*, *Huzhou* 313100, *China*; 5. *Hangzhou Tea Research Institute*, *All China Federation of Supply and Marketing Cooperatives, Hangzhou*

*Corresponding authors: NIU Dong, associate professor, E-mail： dniu@zju.edu.cn; LU Zhili, professor, E-mail：lulizhibox@163.com
（责任编辑 菅景颖）

310016, *China*; 6. *Tianhang Experimental School*, *Hangzhou* 310004, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of different oils on the performance, serum parameters and liver fatty acid composition of Landes geese in overfeeding phase. Eighty 70-day-old healthy Landes female geese with the body weight of (3.0±0.1) kg were selected and randomly divided into 4 groups with 4 replicate s per group and 5 geese per replicate. The geese in control group were overfed with basal diet supplemented with 2% goose fat (GF group). The geese in experimental groups were overfed with basal diet supplemented with 2% beef tallow (BT group), fish oil (FO group) and rapeseed oil (RO group), respectively. The pre-trial period was 7 days and the overfeeding period was 20 days.The results showed as follows: 1) the liver weight of the RO and BT groups was significantly higher than that of the FO group (P<0.05), and the liver weight to body weight ratio of the BT group was significantly higher than that of the GF group (P<0.05). The live weight and eviscerated weight of the RO and GF groups were significantly higher than those of the BT and FO groups (P<0.05). 2) Compared with the GF group, the serum triglyceride (TG), low density lipoprotein (LDL) and very low density lipoprotein (VLDL) contents of the RO group were significantly reduced (P<0.05), and the serum LDL content of the RO group was significantly reduced (P<0.05). The serum total cholesterol （TC） content of the RO group was significantly lower than that of the BT group (P<0.05). Serum high density lipoprotein (HDL) content of the BT group was significantly higher than that of the GF group (P<0.05). The activities of aspartate aminotransferase (AST) and alanine transaminase (ALT) in serum of the BT, FO and RO groups tend to be lower than those of the GF group at different degrees, but the differences were not significant (P>0.05). 3) Compared with the supplementation of GF, the supplementation of FO significantly reduced the content of total saturated fatty acids (SFA) in liver (P<0.05), and significantly increased the contents of unsaturated fatty acids (UFA) C16:1, C17:1, C18:1n-9, C18:2n-6, C18:3n-3, C20:1n-9, C20:4n-6, C20:5n-3, C22:1n-9, C22:5n-3, C22:6n-3, C24:1n-9 and total UFA in liver (P<0.05); the supplementation of RO significantly reduced the content of total SFA in liver (P<0.05), and significantly increased the contents of UFA C16:1, C18:1n-9, C18:2n-6, C20:2, C22:1n-9 and total UFA in liver (P<0.05); the supplementation of BT significantly increased the contents of C18:3n-3, C20:5n-3, C22:5n-3, C22:6n-3 and total polyunsaturated fatty acids (PUFA) (P<0.05). It is concluded that compared with the diet supplemented with GF, the diet supplemented with RO or BT leads to better goose fatty liver performance of Landes geese in overfeeding phase; and the diet supplemented with RO or FO can increase the liver PUFA content and decrease the serum lipids content.

Key words: oil; Landes goose; overfeeding; fat deposition; serum parameters; fatty acid composition